

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Кафедра автоматизации производственных процессов

Г.Г. Ордуянц  
С.П. Санников  
В.Я. Тойбич

# КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

методические указания  
к данной работе по дисциплине «Электротехника»  
для студентов заочной формы обучения  
по направлению 220301 «Автоматизация технологических  
процессов и производств (химико-лесного комплекса)»

Екатеринбург  
2009

Рассмотрено и рекомендовано методической комиссией ЛИФ  
Протокол № 2 от 1.10.08

Рецензент — доцент, канд. техн. наук А.И. Бабин

Редактор Н.А. Майер  
Оператор Г.И. Романова

---

Подписано в печать 12.05.09	Поз. 4
Плоская печать	Формат 60×84 1/16
Заказ №	Печ. л. 0,7
	Тираж 15 экз.
	Цена 2 руб. 00 коп.

---

Редакционно-издательский отдел УГЛТУ  
Отдел оперативной полиграфии УГЛТУ

Изучение курса «Электротехника» осуществляется студентами заочного факультета самостоятельно с привлечением специальной литературы и в сочетании с обзорными лекциями, лабораторно-практическими занятиями, групповыми и индивидуальными консультациями в период сессии.

Самостоятельная работа включает изучение теоретического материала курса по учебной литературе в соответствии с рабочей программой, а также выполнение контрольной работы. Содержание контрольной работы и методические указания к ней изложены в данной работе.

Выбор варианта при выполнении контрольной работы определяется первой буквой фамилии, исходные данные для каждого из вариантов приведены в соответствующих таблицах. Решение каждой задачи должно содержать исходные данные, методику расчета, схемы и диаграммы.

А в случае выполнения расчетов с помощью вычислительной техники в решение задач необходимо вклеить распечатку программы и результатов.

## Задача 1

Для схемы, изображенной на рис.1, рассчитать все токи в ветвях, используя следующие методы:

- 1) по законам Кирхгофа и Ома;
- 2) метод контурных токов;
- 3) метод узловых потенциалов;
- 4) ток в участке «bc» (в ветви с источником  $E_3$ ) методом эквивалентного генератора.

Для всей цепи составить баланс мощностей.

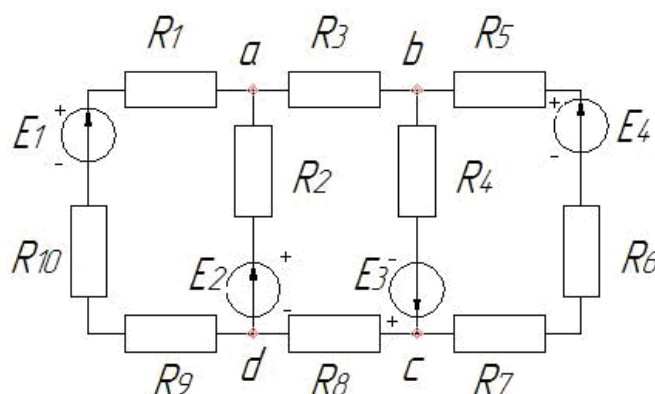


Рис. 1. Электрическая схема цепи

Варианты задач и исходные данные к ним приведены в табл.1.

Таблица 1

Исходные данные к задаче 1

Исходные единицы	$E_1,$ В	$E_2,$ В	$E_3,$ В	$E_4,$ В	$R_1,$ Ом	$R_2,$ Ом	$R_3,$ Ом	$R_4,$ Ом	$R_5,$ Ом	$R_6,$ Ом	$R_7,$ Ом	$R_8,$ Ом	$R_9,$ Ом	$R_{10},$ Ом
Первая буква фамилии														
А – Д	50	20	100	40	0	10	2	2	4	10	1	0	4	3
Е – И	100	100	20	60	4	2	0	10	1	0	8	10	2	5
К – Н	20	120	40	50	1	2	4	6	10	0	0	4	5	2
О – У	30	100	50	70	2	10	0	4	1	2	6	12	0	2
Ф – Я	50	40	100	120	0	1	0	10	8	5	4	2	10	4

## Задача 2

Дана мостовая схема электрической цепи (рис.2).  
Варианты задач и исходные данные к ним приведены в табл. 2.  
Рассчитать токи во всех ветвях, составить баланс мощностей.

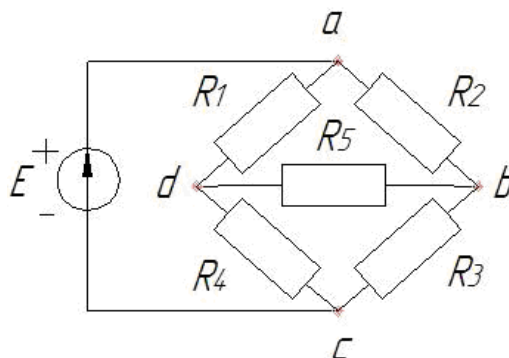


Рис. 2. Мостовая схема электрической цепи

Таблица 2

Исходные данные к задаче 2

Исходные данные	$E_1,$ $B$	$R_1,$ $\Omega$	$R_2,$ $\Omega$	$R_3,$ $\Omega$	$R_4,$ $\Omega$	$R_5,$ $\Omega$
Первая буква фамилии						
А – Д	10	1	4	5	8	10
Е – И	20	2	10	6	4	8
К – Н	30	10	4	1	2	6
О – У	40	6	5	4	2	1
Ф – Я	100	2	6	8	1	4

## Задача 3

На рис. 3 изображена цепь однофазного синусоидального тока.

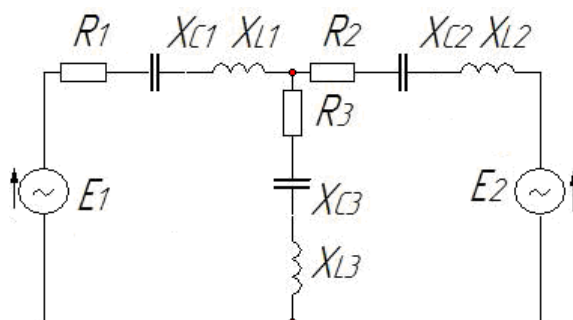


Рис. 3. Цепь однофазного синусоидального тока

Найти токи во всех ветвях и напряжения на каждом из сопротивлений. Построить векторную топографическую диаграмму токов и напряжений.

Данные для задачи приведены в табл. 3.

Таблица 3

Исходные данные к задаче 3

Исходные данные	$E_1,$ $B$	$E_2,$ $B$	$R_1,$ $\Omega$	$x_{C1},$ $\Omega$	$x_{L1},$ $\Omega$	$R_2,$ $\Omega$	$x_{C2},$ $\Omega$	$x_{L2},$ $\Omega$	$R_3,$ $\Omega$	$x_{C3},$ $\Omega$	$x_{L3},$ $\Omega$
Первая буква фамилии											
А – Д	100	$100 \angle 90^\circ$	2	2	0	0	2	4	2	0	4
Е – И	$80 \angle 30^\circ$	60	5	0	10	8	0	2	0	4	0
К – Н	40	$10 \angle 90^\circ$	0	0	4	2	4	8	4	0	2
О – У	20	$10 \angle 60^\circ$	0	6	0	8	0	2	0	4	2
Ф – Я	$20 \angle 30^\circ$	60	4	2	0	0	8	4	2	0	6

## МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЗАДАЧАМ

### Задача 1

Изначально рекомендуется нарисовать схему (рис.1) с учетом отсутствующих сопротивлений и в соответствии с выбранным вариантом, что может привести к ее упрощению.

В качестве примера рассмотрим расчет схемы, приведенной на рис. 4.

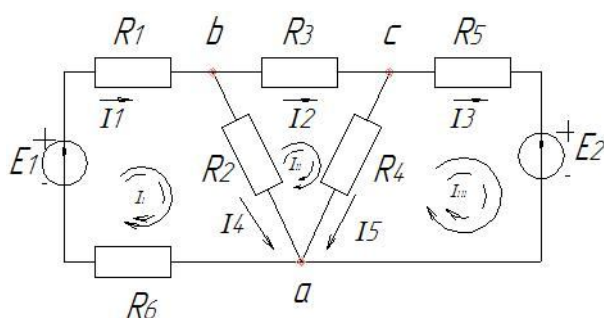


Рис. 4. Схема электрической цепи

Исходные уравнения для расчета цепи по законам Кирхгофа и Ома с учетом произвольно выбранных положительных направлений токов в ветвях и обходов контуров будут иметь следующий вид:

$$\begin{cases} I_1 - I_2 - I_4 = 0(\text{узел "b"}), \\ I_2 - I_3 - I_5 = 0(\text{узел "c"}), \\ I_1 R_1 + I_4 R_2 + I_1 R_6 = E_1, \\ I_2 R_3 + I_5 R_4 - I_4 R_2 = 0, \\ I_3 R_5 - I_5 R_4 = -E_2. \end{cases}$$

Совместное решение системы дает значение  $I_1 \div I_5$ .

Уравнения для расчета цепи методом контурных токов с учетом произвольно выбранных их положительных направлений ( $I_I, I_{II}, I_{III}$ ) запишутся так:

$$\begin{cases} I_I(R_1 + R_2 + R_6) - I_{II}R_2 = E_1, \\ -I_I R_2 + I_{II}(R_2 + R_3 + R_4) - I_{III}R_4 = 0, \\ -I_{II}R_4 + I_{III}(R_5 + R_4) = -E_2. \end{cases}$$

Совместное решение уравнений дает значения контурных токов  $I_I, I_{II}, I_{III}$ , которые затем позволяют найти токи в ветвях:

$$I_1 = I_I, I_2 = I_{II}, I_3 = I_{III}, I_4 = I_I - I_{II}, I_5 = I_{II} - I_{III}.$$

Для решения задачи методом узловых потенциалов необходимо задать условно потенциал одного из узлов, например  $\varphi_a = 0$ . Тогда уравнения для двух оставшихся узлов "b" и "c" будут выглядеть так:

$$\begin{cases} \varphi_b \left( \frac{1}{R_1 + R_6} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) - \varphi_c \frac{1}{R_3} = E_1 \left( \frac{1}{R_1 + R_6} \right), \\ -\varphi_b \frac{1}{R_3} + \varphi_c \left( \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4} + \frac{1}{R_5} \right) = E_2 \frac{1}{R_5}. \end{cases}$$

Совместное решение уравнений дает значения  $\varphi_b$  и  $\varphi_c$ .

Токи в ветвях определяются с учетом их условно выбранных положительных направлений. Например, для определения тока  $I_1$  запишем:

$$\varphi_b = \varphi_a - I_1(R_6 + R_1) + E_1.$$

Отсюда  $I_1 = \frac{\varphi_a - \varphi_b + E_1}{R_1 + R_6}$ . Аналогично для других ветвей получим следующие выражения:

$$I_2 = \frac{\varphi_b - \varphi_c}{R_3}, I_3 = \frac{\varphi_c - \varphi_a + E_2}{R_5}, I_4 = \frac{\varphi_b - \varphi_a + E_1}{R_2}, I_5 = \frac{\varphi_c - \varphi_a}{R_4}.$$

Метод эквивалентного генератора применяется в тех случаях, когда нужно рассчитать ток в какой-нибудь одной ветви. Тогда по отношению к этой ветви вся остальная часть схемы заменяется условным эквивалентным генератором с величиной ЭДС источника  $E_r$  и внутренним его сопротивлением  $r_r$ .

Например, для расчета тока в крайней правой ветви "са" схема будет иметь вид, изображенный на рис. 5.

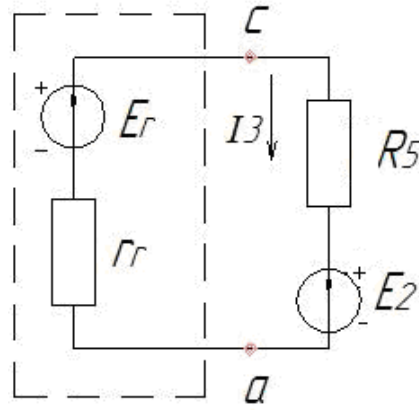


Рис. 5. Схема с эквивалентным генератором

Тогда для тока  $I_3$  получим: 
$$I_3 = \frac{E_1 - E_2}{r_1 + R_5}.$$

ЭДС эквивалентного генератора  $E_1 = U_{ca_{xx}} = (\varphi_c - \varphi_a)_{xx}$ ,

т.е. она равна разности потенциалов  $\varphi_c - \varphi_a$ , если участок "са" разомкнут (режим холостого хода). При этом оставшаяся часть схемы рассчитывается любым удобным методом. Сопротивление  $r_1$  – это сопротивление оставшейся части схемы относительно точек "с" и "а", если в ней закорочены все источники питания (в данной схеме –  $E_1$ ). Следуя этому правилу, получим

$$r_1 = \frac{\left[ \frac{(R_1 + R_6) \cdot R_2}{R_1 + R_6 + R_2} + R_3 \right] \cdot R_4}{\frac{(R_1 + R_6)R_2}{R_1 + R_6 + R_2} + R_3 + R_4}.$$

Баланс мощностей проверяем так:

$$\sum_{k=1}^5 I_k^2 R_k = \sum_{i=1}^2 E_i I_i,$$

где левая часть – арифметическая сумма мощностей на сопротивлениях, правая – алгебраическая сумма мощностей источников (для схемы на рис. 4

$$\sum_{i=1}^2 E_i I_i = E_1 I_1 - E_2 I_3).$$

## Задача 2

Для расчета схемы по рис. 2. можно применить методы контурных токов или узловых потенциалов. И в том и в другом случае система уравнений будет состоять из трех уравнений. При расчете по законам Кирхгофа и Ома лучше сначала преобразовать схему, заменив любой из пассивных треугольников на звезду (или наоборот).



### Задача 3

Изначально рекомендуется перерисовать схему по рис. 3 с учетом исходных данных из табл. 3. При этом схема может заметно упроститься. Для расчета схемы может быть применен любой из методов, если все величины в уравнениях будут расписаны в комплексной или операторной форме:

$$\dot{E} = E \angle \alpha, \quad z = R + jx = R + j(\omega L - \frac{1}{\omega C}) = \sqrt{R^2 + x^2} \angle \arctg \frac{x}{R}.$$

Например, при расчете методом контурных токов схемы, изображенной на рис. 6, уравнения будут таковы:

$$\begin{cases} \dot{I}_I(j\omega L_1 + \frac{1}{j\omega C_1} + R_1 + j\omega L_2) - \dot{I}_{II}(R_1 + j\omega L_2) = E_1 \angle \alpha_1 - E_2 \angle \alpha_2, \\ -\dot{I}_I(R_1 + j\omega L_2) + \dot{I}_{II}(R_1 + \frac{1}{j\omega C_2} + j\omega L_2 + R_1) = E_2 \angle \alpha_2. \end{cases}$$

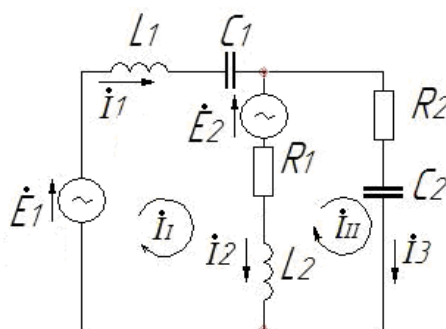


Рис. 6. Электрическая схема однофазного синусоидального тока

Решение дает значение  $\dot{I}_I$  и  $\dot{I}_{II}$ .

Токи в ветвях определяются этими величинами:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_I, \dot{I}_2 = \dot{I}_I + \dot{I}_{II}, \dot{I}_3 = \dot{I}_{II}.$$

При построении топографических диаграмм следует учесть, что диаграмму токов принято строить из начала координат, и она является геометрической интерпретацией уравнения, связывающего токи в ветвях:

$$\dot{I}_1 = \dot{I}_2 + \dot{I}_3$$

Что касается диаграмм напряжений, то геометрическая сумма векторов напряжений на сопротивлениях в замкнутом контуре должна равняться геометрической сумме ЭДС, действующих в этом же контуре. При этом каждый вектор напряжения на участке пристраивается к концу вектора напряжения на предыдущем сопротивлении.

## Рекомендуемая литература

1. Электротехника и электроника [Текст] / под ред. Б.И. Петленко. - М.: Академия, 2003.- 320 с.
2. Электротехника [Текст] / под ред. В.Г. Герасимова. – М.: Высш. шк., 1985. – 480 с.
3. Электротехника [Текст] / под. ред. А. Я. Шихина. – М.: Высш. шк., 2001. – 336 с.
4. Бессонов, Л.А. Теоретические основы электротехники: Электрические цепи [Текст]: учебник для вузов / Л.А. Бессонов. М.: Гардарики, 2002. – 638 с.